Über die Geologie einzelner Teile der argentinischen Anden

von

H. Keidel.[1]

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Oktober 1908.)

Buenos Aires, den 28. März 1908.
Maipu 1241.

Ich habe meine Reise in San Rafael, am Rio Diamante, begonnen, die Sierra Pintada in südlicher Richtung gekreuzt und einige Wochen in dem Randgebiete der hohen Kordillere am Rio Atuel gearbeitet. Dann bin ich über Cañada Colorada, den Rio Grande und den Rio Barrancas nach Chos Malal gegangen. In Neuquen habe ich einen Teil des Gebietes zwischen dem Rio Neuquen und dem Rio Barrancas genauer untersucht und bin dann über den Paso de las Lagunas Epu-Lauquen (36° 50') nach Chile gereist.

Die Sierra Pintada besteht aus mesozoischen Eruptivgesteinen, deren Tuffen und Breccien, namentlich aus Quarzporphyr. Dann findet man andesitische Gesteine und als jüngste Bildungen dunkle basische Gesteine, wahrscheinlich Trappbasalte. Die Unterlage dieser mächtigen Gesteinsfolge ist aus graugrünen Phylliten und Grauwacken zusammengesetzt. Es sind dieselben Gesteine wie in der Vorkordillere nördlich vom Rio de Mendoza. Es ist kein Zweifel darüber, daß sie auch hier, in der Sierra Pintada, paläozoisches, sehr wahrscheinlich devonisches Alter haben. Man findet zahlreiche Gerölle davon in den fluviatilen Bildungen vor dem östlichen unregelmäßig verlaufenden Rande der Sierra Pintada und das

---

[1] Briefe an das w. M. E. Suess.

anstehende Gestein in den tief eingeschnittenen trockenen Furchen, an Stellen, wo Verwerfungen vorkommen.

Der Bau der Sierra Pintada ist im einzelnen schwer zu erkennen; man sieht aber, namentlich in der Nähe des tiefen Durchbruches des Atuel, daß es sich um flache, vielfach zerstückelte Gewölbe handelt. Eine besonders hervortretende Streichrichtung habe ich nicht gesehen. Die Neigung der zerschnittenen Gewölbeflügel hängt, wie es scheint, hauptsächlich von der Richtung der Verwerfungen ab.

Die Querschnitte durch den östlichen Abfall der Sierra Pintada zeigen sowohl in der Zusammensetzung als auch im Bau eine überraschende Ähnlichkeit mit den Querschnitten in der östlichen Abdachung der Hauptkordillere zwischen dem Rio de Mendoza und dem Rio de los Patos. Man glaubt südlich von San Rafael dieselben Querschnitte zu sehen wie bei Tambillos und bei Bellavista. Ich wußte, als ich den Brief im Lager von Challao schrieb, noch nicht, daß die mesozoischen Eruptivgesteine in der östlichen Abdachung der Hauptkordillere viel mächtiger und weiter verbreitet sind als die Sedimente.

Man kann sagen, daß die bunten mesozoischen Eruptivgesteine von Uspallata im Süden, in dem östlichen Rande der Sierra Pintada wieder sichtbar werden, daß also der eigentliche Rand der Kordillere hier und nicht bei Cañada Colorada zu suchen sei. Wenn dies richtig ist, so ist es in der Tat sehr wahrscheinlich, daß der größte Teil der Vorkordillere schon zum Vorland gehört, und daß das Vorland dort emportaucht, wo auch die jungen fluviatilen Bildungen heftig gestört, die Bewegungen der letzten Phase also besonders stark gewesen sind.

Ich halte die Sierra Pintada nicht für einen abgelenkten Ast. Man sieht südlich von der Laguna Llancanela, daß sie der wahre Rand des Gebirges ist.

Ich habe die von Burckhardt beschriebene Schichtenfolge der mesozoischen Sedimente sowohl am Atuel als auch bei Cañada Colorada untersucht. In dem hohen Teile des Gebirges sind die Sedimente stark gefaltet; sie enthalten mächtige Massen von Diorit. Dann folgt im Osten die Zone der weiten Gewölbe und Mulden, die besonders gut westlich von

Cañada Colorada und am Loncoche zu sehen sind. Burckhardt hat aus dem sehr einfachen Bau dieser Außenzone geschlossen, daß der Bau der ganzen Kordillere einfach sei. Daß dies ein Irrtum ist, sieht man schon am Atuel, aber an Stellen, die Burckhardt nicht besuchen konnte.

In der Umgebung der Zweigtäler des Arroyo Manga liegt eine mächtige Folge von Agglomeraten, Laven und Tuffen andesitischer und trachytischer Gesteine diskordant über den steil gestellten und zum Teil überkippten Sedimenten der Faltenzone, konkordant aber über den braunen Bildungen in der Zone der Mulden und Gewölbe. Die Konkordanz ist weiter südlich: am Loncoche, bei Agua voada und auf der linken Seite des Rio Grande auf einer sehr großen Fläche deutlich sichtbar.

Die Mulden und Gewölbe der Außenzone sind also jünger als die Falten in dem hohen Teile des Gebirges; sie sind angegliedert worden. Die Faltenzone hat dabei posthume Bewegungen erlitten. Die andesitischen Gesteine erscheinen dort in Höhen von 3000 bis 4000 *m* in flachen Mulden mit steil abbrechenden Rändern.

Die Gewölbe der Außenzone sind südlich von der Laguna Llancanela sehr breit und hoch. Nördlich vom Vulkan Payén erreicht das Gebirge eine Höhe von 2700 *m*.

Hier lagen in der zweiten Hälfte des Dezember noch große Firnflecken. Die Zone der Gewölbe und Mulden wird südlich von der Laguna Llancanela erst östlich vom Cerro Nevado und östlich vom Payén durch die Pampa begrenzt. In ihrer nördlichen Fortsetzung trifft man auf beiden Seiten des Atuel junge Aufschüttungen und abflußlose Gebiete, darunter die Salare, die Wehrli erwähnt. Ich glaube, daß auch nördlich vom Rio Colorado nicht hohe, scharf hervortretende Ketten, sondern allmählich in die Pampa ausklingende Gewölbe vorkommen, wie zwischen dem Rio Colorado und dem Rio Neuquen.

Diese Verhältnisse lassen also keinen Zweifel darüber, wo der wahre Rand der Kordillere zu suchen sei.

Es ist beachtenswert, daß alle großen Querschnitte der Anden zwischen dem Rio de los Patos und dem Rio Atuel in den Hauptzügen dasselbe Bild der Verbreitung der verschiedenen Gesteine zeigen. Im Westen liegt die so ausgedehnte

und einförmige Folge der Porphyrite, ihrer Breccien und Tuffe, an vielen Stellen durch mächtige Massen von Diorit durchbrochen. Sie reicht im Norden bis an die Wasserscheide und greift im Süden mehr und mehr auf argentinisches Gebiet über. In dem nördlichen Teile von Neuquen ist ihre östliche Grenze fast genau durch den oberen Lauf des Rio Neuquen bezeichnet. Dann folgt im Osten eine Zone von Sedimenten, die, am breitesten in Neuquen, sich nach Norden sichtbar verschmälert.

Wo sie im Norden, in der Breite des Aconcagua und weiter nördlich, am schmalsten ist und die größten Störungen darin vorkommen, ist der östliche Streifen der mesozoischen Eruptivgesteine, Breccien und Tuffe am breitesten. Dieser Streifen verschwindet sehr wahrscheinlich südlich vom Atuel. Auf beiden Seiten des Rio Colorado ist Kreide weit verbreitet.

Die ältesten Bildungen der Sedimentzone sind die zuerst von Roth bei Piedra Pintada entdeckten wechsellagernden marinen und terrestren Schichten der mittleren und oberen Lias. Ich habe die pflanzenführenden Schichten dieser Bildungen auch in der Umgebung des Atuel und in weiter Verbreitung auf der linken Seite des Oberlaufes des Rio Neuquen gefunden. Fast überall, wo sie auftreten, kommt auch die durch Burckhardt von Piedra Pintada und vom Atuel beschriebene Zweischaler- und Brachiopodenfauna vor. Auch in Neuquen findet man Amaltheus spinatus darin und darüber folgen die Posidonienschiefer.

Überall kommt in diesen Schichten Quarzporphyr vor oder dessen Tuffe oder Sandsteine, die zum Teil daraus entstanden sind, wie der gelbe Sandstein am Atuel. Auf der linken Seite des Rio Neuquen sind es hauptsächlich Tuffe und Breccien. Sie setzen hier, in der Cordillera del Viento, den innersten Teil der Umhüllung einer mächtigen Granitlakkolithen zusammen. An anderen Stellen: bei Cañada Colorada, bei Malargüe und am Rio Grande reicht der Quarzporphyr bis in den unteren Dogger.

Man kann also sagen, daß auf einer sehr großen Fläche der untere Jura durch Quarzporphyr, durch dessen Tuffe und Breccien und durch wechsellagernde marine und terrestre Schichten vertreten sei. Man könnte, wenn die marinen Fossilien

nicht wären, meinen, die Schichtenfolge des Rhät vor sich zu haben, die am Paramillo über 1000 *m* mächtig ist und hauptsächlich aus Quarzporphyrtuffen besteht.

Ich habe alle Horizonte wiedergefunden, die Bodenbender und Burckhardt am Atuel und bei Cañada Colorada angetroffen haben; ich habe sie zum Teil genauer untersucht.

Ich möchte vor allem erwähnen, daß die Kreide vom Rio Diamante südwärts bis über den Rio Grande hinaus genau wie die Formación petrolífera aussieht. Man sieht am Arroyo Manga, bei Cañada Colorada, am Loncoche dasselbe bunte Bild wie in der Höhe des Gebirges östlich von Humahuaca und an vielen Stellen des Gebirgsrandes in Salta und Tucuman. Man findet auch dieselbe Zusammensetzung: hauptsächlich rote Sandsteine, Konglomerate, helle, gelblich oder grünlich gefärbte Mergel und dolomitische Gesteine.

Die lebhaft roten Sandsteine, die über den Schichten mit Cardita morganiana liegen und nach oben in braune Bildungen übergehen, sind ganz dieselben Gesteine wie die roten Sandsteine, die in dem nördlichen Teile von Mendoza und in San Juan am östlichen Rande der Vorkordillere und in der Vorkordillere an den meisten Stellen über dem Rhät liegen und auch dort in braune andesitführende Gesteine übergehen.

Wenn man sich der Stelle nähert, wo sich der Rio Grande und der Rio Barrancas zu dem Rio Colorado vereinigen, so sieht man, daß sich die Beschaffenheit der Kreidebildungen ändert. Die mächtigen roten Sandsteine, die im Norden wahrscheinlich noch einen Teil des Neocom vertreten, sind ganz verschwunden und an ihrer Stelle findet man die dunklen, grauen und graugelben, oft sehr fossilreichen Schiefertone und Mergel und die gelblichen und grünlichen Sandsteine, die in Neuquen in großer Gleichmäßigkeit verbreitet sind.

Es scheint, daß dieser Facieswechsel östlich vom Rio Grande schon weiter nördlich, vielleicht schon auf der nördlichen Seite des Vulkans Payén eintritt. Ich kann aber darüber nichts Sicheres sagen. Die Facies von Neuquen ist jedenfalls nördlich vom Rio Colorado und östlich vom Rio Grande schon in einer

Breite vorhanden, wo auf der rechten Seite dieses Flusses noch die roten Sandsteine des Neocom vorkommen.

Die Bildungen des Oxford und des Tithon sind die beständigsten und am weitesten verbreiteten Glieder der jurassischen Schichtenfolge. Das Oxford besteht überall hauptsächlich aus roten Bildungen, aus Sandstein und Mergel, die an den Buntsandstein erinnern und an zahlreichen Stellen so viel Bestandteile von Quarzporphyr aufnehmen, daß sie zu roten und gelbbraunen Tuffen werden. Dolomitische Kalke oder Mergel mit Oppelia und Perisphinctes liegen an der Basis der bunten Bildungen, die 300 bis 500 *m* mächtig werden; sie werden in Neuquen von den fossilreichen dunklen Schiefern des Callovien, durch den oberen Gipshorizont oder durch ein diesen Horizont vertretendes Konglomerat aus Eruptivgesteinen getrennt.

Das Tithon zeigt nahezu überall dieselbe Beschaffenheit. Es besteht aus dunklen blättrigen und plattigen Schiefern mit großen Kalkbroden und enthält die von Steuer beschriebene Fauna. Das Tithon ist das beständigste Glied. Herr A. E. Stegmann, der frühere Chef einer der Grenzkommissionen, hat mir gesagt, daß er am Rio Baroso, einem Nebenfluß des Rio Diamante auf dessen rechter Seite, zahlreiche Ammoniten gesehen habe. Hier handelt es sich entweder um Callovien oder, was viel wahrscheinlicher ist, um Tithon. Herr Dr. F. Reichert hat in diesem Sommer tithonische Fossilien noch weiter im Norden, an der Pollera, gefunden.

Nun muß man beachten, daß die starken Störungen, nämlich Überschiebungen, stark gepreßte und überkippte Falten, fast nur in der Zone der mesozoischen Sedimente vorkommen, daß dagegen in den beiden im Westen und Osten liegenden Zonen der Eruptivgesteine die flachen Gewölbe und Mulden vorherrschen. Ungefähr in der Breite, wo der östliche Zug der Eruptivgesteine verschwindet, der Facieswechsel in der Kreide auftritt, beginnen auch die weiten, angegliederten Gewölbe und Mulden aus der Zeit der zweiten Phase in dem östlichen Teile der Sedimentzone. Ich halte die Überschiebungen bei Puente del Inca für die auf das äußerste Maß getriebenen Wirkungen der Faltung und Stauchung

zwischen den beiden Zonen der mesozoischen Eruptivgesteine. Sowohl auf chilenischer Seite, in dem Tale des Rio Aconcagua, als auch auf argentinischer Seite tritt in den Breccien und Tuffen sehr schnell ruhigere Lagerung ein.

In der Sedimentzone ist das Streichen der Falten am Atuel und weiter südlich meistens Nord—Süd. Es schwankt aber immer ein wenig um den Meridian. Gegen die nördliche Grenze von Neuquen werden die Abweichungen gegen Südsüdost zahlreicher; in Neuquen herrschen sie vor.

Ich habe nie so regelmäßige Falten so gut aufgeschlossen gefunden wie die der Kreidebildungen in der Umgebung von Chos Malal. In demselben Querschnitt sieht man hier nach Westen und Osten überkippte Falten. Manchmal ist der Kopf der Falte sichtbar, oft sieht man auch, wie sie nahe an ihrem Fuße im rechten Winkel umbiegt und dann horizontal liegt. An zwei Stellen habe ich auch gefunden, daß das horizontale Stück zum größten Teil zerstört worden war, so daß nun isolierte ältere Bildungen auf jüngeren lagen, die nicht verquetscht oder ausgewalzt waren. In beiden Fällen hätte man ohne den Zusammenhang an aus Osten gekommene Überschiebungen denken können.

Ich möchte nun noch wichtige Verhältnisse erwähnen. Es handelt sich um das Alter der mächtigen Massen von Diorit, woraus am Atuel einige der hohen Gipfel, wie Sosneado, bestehen und nicht, wie Wehrli will, aus basaltischen Gesteinen; dann um das Alter der Granitlakkolithen, um die basischen Gesteine der zahlreichen jungen Vulkane, vor allem aber um die so ausgedehnten Destruktionsflächen, die mit einer wunderbaren Deutlichkeit sichtbar sind, wie die »interandinen Plateaux«, die Burckhardt beschrieben hat, und die sich zum Teil über Granit ausdehnen.

Einstweilen will ich nur sagen, daß Granit und Diorit doch älter sind als zuletzt angenommen wurde, auch von mir. Sie sind wahrscheinlich alttertiär, vielleicht sogar noch etwas älter. Es ist durch Beobachtungen sicher, daß das weit verbreitete und im allgemeinen jüngste Glied aus der Reihe der andesitischen Gesteine, der Hornblendeandesit, jünger ist als

Granit und Diorit. Die basaltischen Gesteine sind interglazial bis rezent.

Ich glaube, daß es in dem südlichen Teile von Mendoza und in dem Teile von Neuquen, den ich gesehen habe, kein Stück Gebirge gibt, wo nicht einmal eine Destruktionsfläche gelegen hat. An manchen Stellen sind sie noch in völlig ebenen, über 100 km^2 großen Stücken mitten im Gebirge sichtbar. Sie schneiden die Eruptivgesteine ebenso glatt ab wie die Falten der Sedimente. Auch auf chilenischer Seite sind sie in den verhältnismäßig oder ganz trockenen Gebieten noch sehr deutlich sichtbar: bei Santiago, zwischen Limache und Valparaiso in der Küstenkordillere, namentlich östlich von Viña del Mar, in der Kordillere am Oberlaufe des Rio Aconcagua. Besonders faszinierende Beispiele sieht man aber in dem hohen Gebirge auf beiden Seiten des Rio de Mendoza unterhalb von Puente del Inca.

Wenn irgend etwas die allmähliche vertikale Bewegung der Anden beweist, so sind es diese Flächen, die zum Teil jünger sind als die Bewegungen der letzten Phase. Es ist, als ob ein breiter, sehr langer Streifen Landes am pazifischen Ozean mit Ruhepausen immer höher steige. Ich will noch hinzufügen, daß die am tiefsten liegenden Flächen, die breite alte Talböden sind, interglaziales Alter haben. An manchen Stellen liegen darauf Basaltströme und am Arroyo Blanco (Atuel) habe ich auf dem Basalt die Dioritblöcke der Moränen der letzten Vereisung gefunden.

Buenos Aires, den 20. August 1908.

Ich habe noch einmal eine Reise nach Salta und Jujuy unternommen und so viel Neues gesehen, daß ich darüber wie auch über die Rumpfflächen in den südlicher liegenden Teilen des Gebirges einiges mitteilen möchte.

Die großen, zusammen über Tausende von Quadratkilometer ausgedehnten Rumpfflächen kommen nicht nur in Neuquen vor, sondern auch im Norden, in den Vorbergen der Anden an der Grenze des Chaco zwischen Tucuman und Jujuy. Und auch hier sind in der Höhe der Abdachung der hohen Kordillere die alten Rumpfflächen zwischen 4000 und 5000 *m* fast auf der ganzen Strecke sichtbar.

Die genauere Betrachtung dieser Verhältnisse führt zu wichtigen Ergebnissen. In den heute trockenen Gebieten hat seit langem dasselbe Klima geherrscht ohne wesentliche Abänderungen. Die alten hoch gelegenen Rumpfflächen sind entstanden zwischen den beiden Phasen der Bewegungen. Sie lassen mit Sicherheit einen Teil der alten, präglazialen Oberfläche des Gebirges erkennen und darin eingesenkt erscheint die alte glaziale Abtragungsfläche.

Sie sind ein gutes Mittel, die Stellen der älteren Faltung über einen großen Teil des Gebirges zu verfolgen und sie von den Gebieten der Angliederung zu trennen. Das Gebirge hat seine heutige Höhe nicht durch die Bewegungen der ersten Phase und nur zu einem Teile durch die der zweiten Phase erhalten. Es gibt zwar Gebiete, wo tektonische Bewegungen bis in die jüngste Zeit vor sich gegangen sind und wahrscheinlich auch noch andauern. Hier sind sehr junge Rumpfflächen noch deutlich aufgebogen. In viel größeren Teilen des Gebirges sieht man aber junge Rumpfflächen, die nichts davon erkennen lassen. Diese Flächen, die jünger sind als die Bewegungen der zweiten Phase, liegen im allgemeinen in Höhen zwischen 700 und 2000 *m*; die höheren darunter sind nur noch in isolierten Resten erhalten und lassen zu dem heutigen Flußnetz keine Beziehungen mehr erkennen. Die an dieses Netz gebundenen Flächen sind die ausgedehntesten; sie wiederholen sich in Neuquen in vier, fünf übereinanderliegenden Stufen, sie hängen mit den patagonischen Terrassen und Mesetas zusammen, sie sind wie diese mit Geröll bedeckt und greifen tief in das Faltungsgebiet der Anden ein. Zu diesen Flächen gehören die »interandinen Plateaux«, die Burckhardt beschrieben hat. Da Veränderungen des Klimas für die Wiederbelebung nicht in Frage kommen, so muß die Erosion immer nach einer Verlegung des Denudationsniveaus von neuem begonnen haben. Die in Stufen übereinanderliegenden Flächen des heutigen hydrographischen Netzes zeigen in Neuquen eine Verlagerung von rund 400 *m* an. Dieser Minimalbetrag für die jüngsten Flächen gilt für sehr große Gebiete, und daß es sich dabei um aufsteigende Bewegungen handelt, zeigen die noch beträchtlich höher liegenden Reste von Rumpfflächen. Die alten

Rumpfflächen in den Gebieten der älteren Faltung, in der Hauptkordillere und den pampinen Sierren, sind durch posthume Bewegungen verbogen worden.

In den Anden sind die Formen unter den Verhältnissen des trockenen Klimas an vielen Stellen überraschend gut erhalten, und dadurch ist der Zusammenhang der mannigfaltigen Ereignisse viel deutlicher zu erkennen als zum Beispiel im Tian-schan.
